

S/N: TBA

2/18/2004

Docket No.: KAW-317-USAP

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Serial No.: TO BE ASSIGNED

Confirmation No.: TO BE ASSIGNED

Applicant: Masatoshi HIZUKA et al.

Art Unit: TO BE ASSIGNED

Filed: February 18, 2004

Examiner: TO BE ASSIGNED

Docket No: KAW-317-USAP

Customer No: 28892

For: Speckle Interferometer Apparatus

PRIORITY DOCUMENT TRANSMITTAL

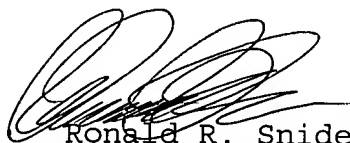
Assistant Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 CFR 1.55 and the requirements of 35 U.S.C. 119, attached hereto is a certified copy of the priority document, **Japanese Patent Application No. 2003-063709, filed on March 10, 2003.**

It is respectfully requested that applicant be granted the benefit of the filing date of the foreign application and that receipt of this priority document be acknowledged in due course.

Respectfully submitted,


Ronald R. Snider
Reg. No. 24,962

Date: February 18, 2004

Snider & Associates
Ronald R. Snider
P.O. Box 27613
Washington, D.C. 20038-7613
(202) 347-2600

RRS/jt

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月10日
Date of Application:

出願番号 特願2003-063709
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-063709]

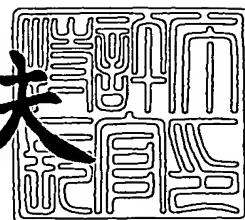
出願人 富士写真光機株式会社
Applicant(s):



2004年 2月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3007743

【書類名】 特許願

【整理番号】 FK1044

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 9/02

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 肥塚 正敏

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 神田 秀雄

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 齋藤 隆行

【特許出願人】

【識別番号】 000005430

【氏名又は名称】 富士写真光機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097984

【弁理士】

【氏名又は名称】 川野 宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041597

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】

要約書 1

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スペックル干渉計装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光束を 2 つの光束に分割し、該 2 つの光束を被測定面である粗面物体表面に照射し、該 2 つの光束の該粗面物体表面からの反射光束を互いに干渉せしめ、その干渉により形成された干渉スペックルパターンを撮像するスペックル干渉計装置において、

少なくとも、前記光源からの光束を前記 2 つの光束に分割する光束分割手段と、これら分割された 2 つの光束を前記粗面物体表面に向けてそれぞれ出力せしめる光束出力手段とを光学部材載設手段上に載設設置するとともに、該光学部材載設手段を、前記干渉スペックルパターンを撮像する撮像手段とは別体に、かつ該撮像手段の本体の前記粗面物体表面側に配設し、

前記 2 つの光束出力手段の間に位置する前記光学部材載設手段の所定領域が、前記粗面物体表面からの干渉光を通過せしめる光透過領域とされていることを特徴とするスペックル干渉計装置。

【請求項 2】 前記光学部材載設手段が、前記光束分割手段により分割された 2 つの光束の光路間に所定の光路長差を付与する光路長差付与手段を載設設置されてなることを特徴とする請求項 1 記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 3】 前記光学部材載設手段が板状とされていることを特徴とする請求項 1 および 2 記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 4】 前記 2 つの光束出力手段が前記光透過領域を挟んで所定方向に略対向するように配されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のうちいずれか 1 項記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 5】 前記 2 つの光束出力手段を 2 組備えており、これら 2 組の光束出力手段各々の配列方向である前記所定方向が互いに略直交することを特徴とする請求項 1 から 4 のうちいずれか 1 項記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 6】 前記 2 組の前記 2 つの光束出力手段は、1 組のみ、または前記 2 組が交互に光束出力可能に制御されることを特徴とする請求項 5 記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 7】 前記光透過領域が前記光学部材載設手段に穿設された透孔であることを特徴とする請求項 1 から 6 のうちいずれか 1 項記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 8】 前記光透過領域は、前記光学部材載設手段の少なくとも一部を構成する透明板であることを特徴とする請求項 1 から 7 のうちいずれか 1 項記載のスペックル干渉計装置。

【請求項 9】 前記光学部材載設手段上に載設された光学部材は、前記光透過領域の周囲において階層構造をなすように配設されていることを特徴とする請求項 1 から 8 のうちいずれか 1 項記載のスペックル干渉計装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子的スペックル干渉法を用いて変形計測を行うスペックル干渉計装置に関し、特に、動的物体の時間的変形（特に面内変形）についての干渉スペックルパターン画像を撮像する際に、撮像カメラの交換の利便性等を考慮したスペックル干渉計装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、負荷をかけた物体が変形し、破壊する過程の観察には、電気的ひずみゲージを用いた変形計測法が広く用いられているが、その一方、物体の変形に対し、2次元的な視野で、光の波長を基準とした高精度な変形測定を行い得るスペックル干渉法が知られている。

【0003】

このスペックル干渉法は、粗面物体をレーザ光で照射したときに観察面に生じる斑点状の模様（スペックルパターン）を利用する干渉法である。スペックルパターンは一般の結像系では画像ノイズとして好ましくないものとされるが、粗面物体の表面情報を担っており、その変化から変形を見積もることができる。また、粗面物体表面を特別の前処理を必要とせずに観察対象とすることができ、ホログラフィーでは必要となる、高解像力の写真乾板等が必要とされないという利点

をも有している。

【0004】

ここで、図8を用い、従来の2光束照射型のスペックル干渉計装置502を説明する。粗面物体である観察物体501に対し、 xz 面（紙面に平行な面）内で略対称に配されたレーザ光源701（射出光束位置のみを示す）からのレーザ光束が照射される。レーザ光源701から出力されたレーザ光束はコリメータ612および反射ミラー705aを介してビームスプリッタ705bに到達する。このビームスプリッタ705bにおいて分割されたレーザ光束のうち一方は、反射ミラー705c, 705d, 凹レンズ602aを介し反射ミラー601aによって観察物体501に照射され、分割されたレーザ光束のうち他方は、反射ミラー705e, 705f, 705g, 凹レンズ602bを介し反射ミラー601bによって観察物体501に照射される。なお、これら2つの光束は、干渉スペックルパターン画像の位相解析処理の便宜上、所定の光路長差が付与されるように構成されている。このようにして観察物体501に照射された2つの光束は、観察物体501によって拡散反射され、CCDカメラ503の結像面上に干渉スペックルパターンを形成する。この後、得られた干渉スペックルパターン画像を解析して、観察物体501の表面形状に応じた位相解析を行うこととなる。

【0005】

なお、干渉スペックルパターン画像の位相解析においては、観察物体501の変形前後の干渉スペックルパターンを撮像し、それらの画像点毎の強度の差を計算する手法が知られている。

【0006】

また、分割された2つの光束の各光路上にそれぞれシャッタを置き、一方の光束のみで物体を照射したときの時間領域における画像点毎の各強度分布 $I_1(x; t)$ 、 $I_2(x; t)$ を上記位相解析に先立ち、予め測定しておく。

スペックル干渉装置の光学系において得られる干渉パターン $I(x; t)$ は一般的に下記(1)式のように表される。

【0007】

【数 1】

$$I(x;t) = I_0(x;t)[1 + \gamma(x;t)\cos(\theta(x;t) + \phi(x;t))] \quad \dots(1)$$

【0008】

ここで、 $I_0(x;t)$ は $I_1(x;t)$ および $I_2(x;t)$ の平均強度、 $\theta(x;t)$ はランダムなスペックル位相、 $\gamma(x;t)$ は変調度（モデューレーション）、 $\phi(x;t)$ は物体位相である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した如き従来のスペックル干渉計装置では、レーザ光源 701 からの光束を観察物体 501 に照射するための 2 系の照射光学系と、干渉スペックルパターンを撮像するための CCD カメラ 503 とが装置内に一体に収納配置されている。

【0010】

しかしながら、動的な干渉スペックルパターンを測定する場合、CCD カメラ 503 としては、観察物体 501 の変形速度等に応じ、通常の CCD カメラと高速度撮影用カメラとの間で、あるいは種々の高速度撮影用カメラの間で取替作業を行いたいという要求があり、このような場合、上述したような装置においてはカメラ取替えに際して装置筐体や内部の機構部を分解しなければならないという問題があった。

【0011】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、測定精度を良好なものとしつつ撮像カメラ等の交換作業を容易に行うことができるコンパクトなスペックル干渉計装置を提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明のスペックル干渉計装置は、光源からの光束を 2 つの光束に分割し、該 2 つの光束を被測定面である粗面物体表面に照射し、該 2 つの光束の該粗面物体表面からの反射光束を互いに干渉せしめ、その干渉により形成された干渉スぺッ

クルパターンを撮像するスペックル干渉計装置において、

少なくとも、前記光源からの光束を前記2つの光束に分割する光束分割手段と、これら分割された2つの光束を前記粗面物体表面に向けてそれぞれ出力せしめる光束出力手段の対とを光学部材載設手段上に載設設置するとともに、該光学部材載設手段を、前記干渉スペックルパターンを撮像する撮像手段とは別体に、かつ該撮像手段の本体の前記粗面物体表面側に配設し、

前記2つの光束出力手段の間に位置する前記光学部材載設手段の所定領域が、前記粗面物体表面からの干渉光を通過せしめる光透過領域とされていることを特徴とするものである。

【0013】

ここで、上記光学部材載設手段は上記撮像手段の本体の上記粗面物体表面側に配置されていればよく、例えば撮像手段のレンズ鏡筒は光学部材載設手段よりも上記粗面物体表面側に位置していてもよい。

【0014】

また、前記光学部材載設手段が、前記光束分割手段により分割された2つの光束の光路間に所定の光路長差を付与する光路長差付与手段を載設設置されてなることが好ましい。

【0015】

また、前記光学部材載設手段は板状とされていることが好ましい。

【0016】

また、前記2つの光束出力手段が前記光透過領域を挟んで所定方向に略対向するように配されていることが好ましい。

【0017】

また、前記2つの光束出力手段を2組備えており、これら2組の光束出力手段各々の配列方向である前記所定方向が互いに略直交することが好ましい。

【0018】

また、前記光透過領域が前記光学部材載設手段に穿設された透孔とすることができる。

【0019】

また、前記 2 組の前記 2 つの光束出力手段は、1 組のみ、または前記 2 組が交互に光束出力可能に制御することができる。

【0020】

また、前記光透過領域は、前記光学部材載設手段の少なくとも一部を構成する透明板とすることができる。

【0021】

さらに、前記光学部材載設手段上に載設された光学部材は、前記光透過領域の周囲において階層構造をなすように配設されていることが好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係るスペックル干渉計装置について図面を用いて説明する。

【0023】

<基本構成>

図 1 は、観察物体（粗面物体）1 の面内変位をスペックル干渉測定する実施形態に係るスペックル干渉計装置 2 を示すものである。

【0024】

図 1 に示す面内変位計測用のスペックル干渉計装置 2 では、一方向（本実施形態では上下方向）の干渉スペックルパターンを得るために、1 対のレーザ光束 8 a, 8 b が光束出力部 9 a, 9 b（ただし、9 b は図示せず）から観察物体 1 に照射される。光束出力部 9 a, 9 b からの上記 1 対のレーザ光束 8 a, 8 b は、物体法線に対して略対称に位置するように設定されている。観察物体 1 を照明する 2 つのレーザ光束 8 a, 8 b により各々独立なスペックルパターンが形成され、それら 2 つのスペックルパターンの干渉により CCD カメラ（高速度カメラ）3 の撮像面上に上記一方向の干渉スペックルパターンの像が形成される。この後、この干渉スペックルパターンの像が光電的に読み取られることになる。

【0025】

また、図示されてはいないが、このスペックル干渉計装置 2 では、上記一方向に略直交する方向（本実施形態では左右方向）の干渉スペックルパターンを得る

ために、1対のレーザ光束が光束出力部9c, 9dから観察物体1に照射される。この後、上記と同様に、CCDカメラ3の撮像面上に上記一方向に略直交する方向の干渉スペックルパターンの像が形成され、この干渉スペックルパターンの像が光電的に読み取られることになる。

【0026】

また、図1に示す実施形態装置においては、2つの半導体レーザ光源（本実施形態では、上下方向の干渉スペックルパターンを得るための第1の光源と、左右方向の干渉スペックルパターンを得るための第2の光源）と、これらの光源からの光束を各々2つの光束に分割する光束分割手段（本実施形態では、ビームスプリッタ）と、これら分割された2つの光束間に所定の光路長差を付与する光路長差付与手段と、光路長差が付与された2つの光束を観察物体1の表面に向けてそれぞれ出力せしめる光束出力手段（本実施形態では、反射ミラー）等の光学部材が載設配置されるフレーム状光学部材載設板（以下、単に光学部材載設板と称する）10を備えている。

【0027】

また、この光学部材載設板10は、干渉スペックルパターンを撮像するCCDカメラ3とは別体に、かつこのCCDカメラ3の本体の観察物体1側に配設されている。また、この光学部材載設板10の略中央領域は、観察物体1からの干渉光が通過する光透過領域とされている。なお、本実施形態においては、この光透過領域が透孔14とされており、CCDカメラ3のレンズ鏡筒13が挿入されるようになっている。

【0028】

また、図1に示すように、このスペックル干渉計装置2は、CCDカメラ3を駆動するための電源および取得画像を格納するメモリを備えたカメラ電源・メモリ部4と、コントローラ5と、解析用コンピュータ6およびモニタ7を備えている。

【0029】

なお、コントローラ5は解析用コンピュータ6からの指示に基づき、光学部材載設板10内の光源の駆動制御、ミラーの回動制御、さらには、カメラ電源・メ

モリ部 4 の制御を行う。

【0030】

また、解析用コンピュータ 6 においては、位相シフト法を用いて干渉スペックルパターン画像の解析処理を行うようにしている。以下、解析用コンピュータ 6 で行っている解析処理について簡単に説明する。

【0031】

すなわち、CCD カメラ 3 により検出された、いずれか（上下方向または左右方向）の干渉スペックルパターンの強度 $I(x; t)$ は下記（2）式のように表される。

【0032】

【数 2】

$$I_i(x; t) = I_0(x; t) [1 + \gamma(x; t) \cos(\theta(x; t) + \phi(x; t) + 2\pi i / N)] \quad \dots (2)$$

【0033】

ここで、 x は座標、 t は時刻、 $I_0(x; t)$ は平均強度、 $\gamma(x; t)$ は変調度、 $\theta(x; t)$ はランダムなスペックル位相、 $\phi(x; t)$ は観察物体 1 の変位に伴う物体位相、 N は 1 周期中のシフトの段数、 i は N 以下の自然数である。

【0034】

なお、本実施形態では、上記物体位相 $\phi(x; t)$ を高精度で求めることが目標となる。

そこで本実施形態においては、まず、上記（2）式に基づき下記（3）式および（4）式を求める。

【0035】

【数 3】

$$I_c(x; t) = \sum_{i=0}^{N-1} I_i \cos \varepsilon_i \propto \cos(\theta(x; t) + \phi(x; t)) \quad \dots(3)$$

$$I_s(x; t) = \sum_{i=0}^{N-1} I_i \sin \varepsilon_i \propto \sin(\theta(x; t) + \phi(x; t)) \quad \dots(4)$$

【0036】

上述した余弦成分 $I_c(x; t)$ および正弦成分 $I_s(x; t)$ の比を求め、さらにこの比の逆正接を求めることにより下記 (5) 式のように物体位相が決定される。

【0037】

【数 4】

$$\theta(x; t) + \phi(x; t) = \tan^{-1} \left[\frac{I_s(x; t)}{I_c(x; t)} \right] \quad \dots(5)$$

【0038】

通常、ランダムなスペckル位相 $\theta(x; t)$ の変化は物体位相の変化に比べて遅いので下記 (6) 式のように近似することができる。

【0039】

【数 5】

$$\theta(x; t) \cong \theta(x; 0) \quad \dots(6)$$

【0040】

よって求める物体位相は下記 (7) 式のように決定される。

【0041】

【数 6】

$$\phi(x;t) \cong \tan^{-1} \left[\frac{I_s(x;t)}{I_c(x;t)} \right] - \theta(x;0) \quad \dots(7)$$

【0042】

また、観測時間 t_0 ($0 < t < t_0$) が長く (6) 式が成り立たない場合は観測時間 t_0 をスペックル位相が一定と見なせる n 個の区間 t_d ($t_0 = n t_d$) に分割し、(7) 式において $\theta(x;0)$ を $\theta(x;kt_d)$, $k=0, 1, \dots, n-1$ と置き換えることにより各区間において物体位相を求める。すなわち適宜参照位相の更新を行う。最終的に各区間を接続することにより長時間に亘る動的な現象を解析することが可能となる。このようにして求められた、時間領域における位相曲線は、前述したように、位相値が $-\pi$ および π を主値として、ラッピングされた（折りたたまれた）状態となっている。そこで、このようなラッピングされた（折りたたまれた）位相曲線に対して、これを本来の曲線に戻す位相アンラッピング処理を施す。

【0043】

以上の演算処理をスペックル干渉画像上の画像各点毎に行うことにより、観察物体の変形を動的に、かつ高精度に定量化して解析することができる。

【0044】

なお、上述した2つのレーザ光束 8a, 8b の間の位相差（上下方向の干渉スペックルパターンを得るための位相差）は光学部材載設板 10 上に配された第1の PZT 装置（420；図2参照）により設定される。同様に左右方向の干渉スペックルパターンを得るための位相差は、光学部材載設板 10 上に配された第2の PZT 装置（410；図2参照）により設定される。

【0045】

なお、本発明のスペックル干渉計装置としては、上記解析方法のみならず、周知のフーリエ変換法や和差法（例えば、特開2001-31163号公報参照）等のその他の種々の解析方法を採用可能である。

【0046】

また、半導体レーザ光源を波長可変レーザ光源とし、この光源から出力されるレーザ光束 8 a, 8 b の波長を変化させ、これにより（前提として 2 つのレーザ光束 8 a, 8 b 間に所定の光路長差が設けられている）上記各レーザ光束 8 a, 8 b の間の位相差をシフトさせるようにしてもよく、この場合には上記 P Z T 装置の駆動は不要となる。

【0047】

なお、上記レーザ光束 8 a, 8 b の波長を、例えば 660.6nm から 661.4nm まで変化させるためには半導体レーザ光源の駆動電流を例えば 65mA から 67mA まで変化させる。さらに、レーザ光源からの 2 系（上下方向と左右方向）の各光路間の各光路長差（上下あるいは左右間）が所定距離（例えば 40mm）となるように設定する。これにより、P Z T 装置を用いた場合と同様に、位相差を可変とすることができる。

【0048】

<具体的な装置構成>

図 2 は、本発明の実施形態に係るスペックル干渉計装置 2 の光学部材載設板 10 を詳細に示す概略図であり、(A) は正面図、(B) は側面図である。

【0049】

すなわち、この光学部材載設板 10 において、2 つの半導体レーザ光源 11 a, 11 b のうち一方のレーザ光源 11 b から出力されたレーザ光束により上下方向の干渉スペックルパターンが形成され、他方のレーザ光源 11 a から出力されたレーザ光束により左右方向の干渉スペックルパターンが形成される。

【0050】

すなわち、ミラー 211 a（図 1 における光束出力部 9 a に相当する）およびミラー 211 b（図 1 において図示されない光束出力部 9 b に相当する）から出力されたレーザ光束により上下方向の干渉スペックルパターンが形成され、ミラー 201 a（図 1 における光束出力部 9 c に相当する）およびミラー 201 b（図 1 における光束出力部 9 d に相当する）から出力されたレーザ光束により左右方向の干渉スペックルパターンが形成される。

【0051】

また、この光学部材載設板 10 の中央領域には矩形状の透孔 14 が形成されており、この透孔 14 を介して、CCD カメラ 3 による干渉スペックルパターン（上下方向および左右方向）の撮像が行われる。なお、図 2 においては、CCD カメラ 3 の撮像レンズ鏡筒 13（アダプタ 12 によりカメラ本体と接続されている）の先端部が透孔 14 よりも観察物体 1 側に突出しているが、CCD カメラ 3 の撮像レンズ 13 の先端が透孔 14 の手前に位置するように配置してもよい。

【0052】

このように、CCD カメラ 3 の本体の前側に光学部材載設板 10 を配し、光学部材載設板 10 の中央領域に設けた透孔 14 を通して干渉スペックルパターンを撮像することによって、光路の引き回しを最小にしつつ、光学部材載設板 10 のコンパクト化（光射出側に障害物がないので、2 つのミラー 211a, 211b 間の距離および 2 つのミラー 201a, 201b 間の距離を短縮化できる）を図ることができる。

【0053】

また、図 2 に示すように、光学部材載設板 10 の CCD カメラ 3 の本体側に設置された半導体レーザ光源 11a, 11b から出力されたレーザ光束は、反射ミラー 401 等により光学部材載設板 10 の観察物体 1 側に取り出され、透孔 14 の周囲部分において引き回され、最終的には反射ミラー 201a, 201b, 211a, 211b から出力されるが、この光学部材載設板 10 のコンパクト化を図るために、光学部材が階層構造（3 階構造）に配置されている。しかも、2 つの半導体レーザ光源 11a, 11b からの光束が明確に区別され得るように、階層構造の 1 階（光学部材載設板 10 側から順に 1 階, 2 階, 3 階）および 2 階にはレーザ光源 11a からのレーザ光束を左右の反射ミラー 201a, 201b に導くための光学部材が配され、一方、3 階および 2 階にはレーザ光源 11b からのレーザ光束を上下の反射ミラー 211a, 211b に導くための光学部材が配されている。なお、図 2（B）においては、反射ミラー 211b が省略されている。

【0054】

図 3 は、これら階層構造とされた光学部材の配置を示す平面図（A）、正面図

(B) および側面図 (C) を示すものであり、図 4 は、上記階層構造のうち 3 階部分 (A)、2 階部分 (B) および 1 階部分 (C) を各々独立して示すものである。

【0055】

なお、図 2～4 に示す各光学部材に付した符号は、大略、1 階に配された部材が 100 番台、2 階に配された部材が 200 番台、3 階に配された部材が 300 番台とされている。

【0056】

ここで、各半導体レーザ光源 11a, 11b から各反射ミラー 201a, 201b, 211a, 211b に到る経路について説明する。

【0057】

まず、半導体レーザ光源 11a から出力され、反射ミラー 201a に到るレーザ光束について説明する。このレーザ光束は、階層構造の 1 階から入力され、反射プリズム 101、ビームスプリッタ 102、反射プリズム 103 を介して階層構造の 2 階の反射プリズム 203 に達し、この後、階層構造の 2 階において、反射プリズム 204 および凹レンズ 202a を介して反射ミラー 201a に到達する (表 1 (A) 参照)。

【0058】

次に、半導体レーザ光源 11a から出力され、反射ミラー 201b に到るレーザ光束について説明する。このレーザ光束は、階層構造の 1 階から入力され、反射プリズム 101 を介して、ビームスプリッタ 102 に到り、このビームスプリッタ 102 で反射され、反射プリズム 104、反射プリズム 105 を介して階層構造の 2 階の反射プリズム 205 に達し、この後、階層構造の 2 階において、反射プリズム 206 および凹レンズ 202b を介して反射ミラー 201b に到達する (表 1 (B) 参照)。

【0059】

次に、半導体レーザ光源 11b から出力され、反射ミラー 211a に到るレーザ光束について説明する。このレーザ光束は、階層構造の 3 階から入力され、反射プリズム 301、ビームスプリッタ 302、反射プリズム 303 および反射プ

リズム 304 を介して階層構造の 2 階の反射プリズム 213 に達し、この後、階層構造の 2 階において、反射プリズム 214 および凹レンズ 212 a を介して反射ミラー 211 a に到達する（表 1（C）参照）。

【0060】

さらに、半導体レーザ光源 11 b から出力され、反射ミラー 211 b に到るレーザ光束について説明する。このレーザ光束は、階層構造の 3 階から入力され、反射プリズム 301 を介してビームスプリッタ 302 に到り、このビームスプリッタ 302 で反射され、反射プリズム 305 を介して、階層構造の 2 階の反射プリズム 215 に達し、この後、階層構造の 2 階において、反射プリズム 216 および凹レンズ 212 b を介して反射ミラー 211 b に到達する（表 1（D）参照）。

【0061】

【表 1】

LD11a⇒101 (1F) ⇒201a									
3F									
(A)	2F				203	→	204	→	202a → 201a
	1F	101	→	102	→	103			
LD11a⇒101 (1F) ⇒201b									
3F									
(B)	2F				205	→	206	→	202b → 201b
	1F	101	→	102	→	104	→	105	
LD11b⇒301 (3F) ⇒211a									
3F 301 → 302 → 303 → 304									
(C)	2F				213	→	214	→	212a → 211a
	1F								
LD11b⇒301 (3F) ⇒211b									
3F 301 → 302 → 305									
(D)	2F				215	→	216	→	212b → 211b
	1F								

【0062】

なお、本実施形態においては、前述した如く、各系の2つのレーザ光束の一方の光路中にP Z T装置410、420が配設されている。

【0063】

すなわち、半導体レーザ光源11aからの2つの光路においては反射ミラー201bに到る光路中にP Z T装置410が、また、半導体レーザ光源11bからの2つの光路においては反射ミラー211aに到る光路中にP Z T装置420が各々配設されている。

すなわち、P Z T装置410、420は前述した時間キャリア成分を導入する

目的で、干渉計光路の片方の光路長を変化させ、位相シフト操作を行うものである。

【0064】

また、P Z T 装置 410、420、C C D カメラ 3 および半導体レーザ光源 (LD) 11a、11b はタイミング制御装置 (コントローラ) 5 により制御される。さらに C C D カメラ 3 により取り込まれた干渉スペックルパターンの画像データは電源・メモリ部 4 内のメモリに格納される。コンピュータ 6 においては、この画像データに対し、位相シフト法を用いた位相解析処理を施し、観察物体の変形歪量等の各情報を得る。得られた観察物体に関する各情報は表示装置 (モニター) 7 に表示される。

【0065】

また、位相シフト操作の 1 周期内における各干渉スペックルパターン画像の取込みのタイミングは、上下方向と左右方向で互いに重複するような工夫がなされている。すなわち図 5 (C)、(D)、(E)、(F) に示すように、各 P Z T 装置 410、420 の 1 走査期間において、上下方向および左右方向に各々 4 枚ずつの画像が取り込まれるようにタイミングの同期が図られているが、各カメラ出力信号 (V シンク) (図 5 (B) 参照) の立ち上がりのタイミングに同期して、半導体レーザ光源 11a の駆動と半導体レーザ光源 11b の駆動が交互に行われるようになっている (図 5 (C)、(D) 参照)。これにより、上下方向と左右方向の干渉スペックルパターンを、互いに重複した期間において取得した画像データに基づいて解析することができ、上下方向の画像データと左右方向の画像データを総合的に比較検討する際の時間軸のずれがなく解析精度を高精度なものとするができる。なお、位相シフト操作における画像取込みのみならず、一般に上下方向解析用の画像の取込みと左右方向解析用の画像の取込みは交互に行うことが、データ解析の信頼性を高める上で好ましい。

【0066】

なお、本発明装置は、例えば材料の引っ張り試験 (あるいは疲労試験) を行う際等の変形計測に適用すると特に有効である。一般に、アルミニウム合金等の材料を引っ張った場合、弾性変形領域では一様な伸びが生じ、塑性変形領域では、

この伸びが一様ではなくなる。これをスペックル干渉法（ESPI）で観察すると、図6（A）～（E）に示すように、時間の経過とともに、横方向の縞の間隔が大きく変化していることが認識される。この後、これらの画像データに基づき、位相分布を解析することになる。

【0067】

なお、本実施形態装置によれば、例えば図7（A）に示す干渉スペックル画像データに基づき、図7（B）に示す如き3次元形状分布が得られる。

【0068】

<態様の変更>

なお、本発明のスペックル干渉計装置においては種々の態様の変更が可能であり、例えば、光学部材載設板10における透孔14に替えて、この領域に透明板を配設するようにしてもよい。

【0069】

すなわち、本発明装置における光透過領域としては、干渉光を撮像手段に到達させ得る領域であればよく、この領域が透明なガラス板やプラスチック板で形成されていてもよい。また、光学部材載設手段全体が透明部材で形成されていてもよい。

【0070】

また、上記実施形態装置のように、2方向の干渉スペックルパターンを解析するものに限られず、1方向の干渉スペックルパターンを解析するもの、あるいは同一平面内における3方向の干渉スペックルパターンを解析するものとしてもよい。

【0071】

また、上記光学部材載設手段上に配された光学部材の配置は、上記実施形態のものに限られず、その他の種々の配置をとり得る。また、階層構造についても、3階構造のものに限られず、2階構造あるいは4階以上の階層構造とすることも可能である。

【0072】

また、本発明の適用対象は動的物体全般に及ぶものであり、例えば、上述した

材料の引っ張り試験等の項目を含む、材料の疲労試験全般に適用可能であることは勿論のこと、動植物の各構成部分、特に人体組織の微小な動的变化にも適用可能である。

【0073】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明に係るスペックル干渉計装置によれば、1対の光束出力手段を含む光学部材を配置した光学部材載設手段を撮像手段とは別体に、かつ撮像手段の本体よりも観察物体側に配置するとともに、この光学部材載設手段における、上記1対の光束出力手段の間に位置する領域を光透過領域としているので、光路の引き回しを最小にして測定精度を良好なものとしつつ、装置のコンパクト化を図ることができ、また撮像カメラの交換を容易なものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に係るスペックル干渉計装置の構成を示す概略図

【図2】

本発明の実施形態装置の主要部を詳細に示す図（（A）は正面図、（B）は側面図）

【図3】

本発明の実施形態装置の光学部材の配置を詳細に示す図（（A）は平面図、（B）は正面図、（C）は側面図）

【図4】

本発明の実施形態装置の光学部材の配置を各階層ごとに示す図（（A）は3階、（B）は2階、（C）は1階）

【図5】

本実施形態装置における各光源の駆動タイミングを示すタイミングチャート

【図6】

アルミニウム合金等の材料を引っ張った場合における、本実施形態による干渉スペックルパターン画像の変化を示す図

【図 7】

干渉スペックルパターン画像 (A) およびそれに基づいて得られた 3 次元形状分布 (B) を示す図

【図 8】

従来の 2 光束照射型のスペックル干渉装置を示す概略図

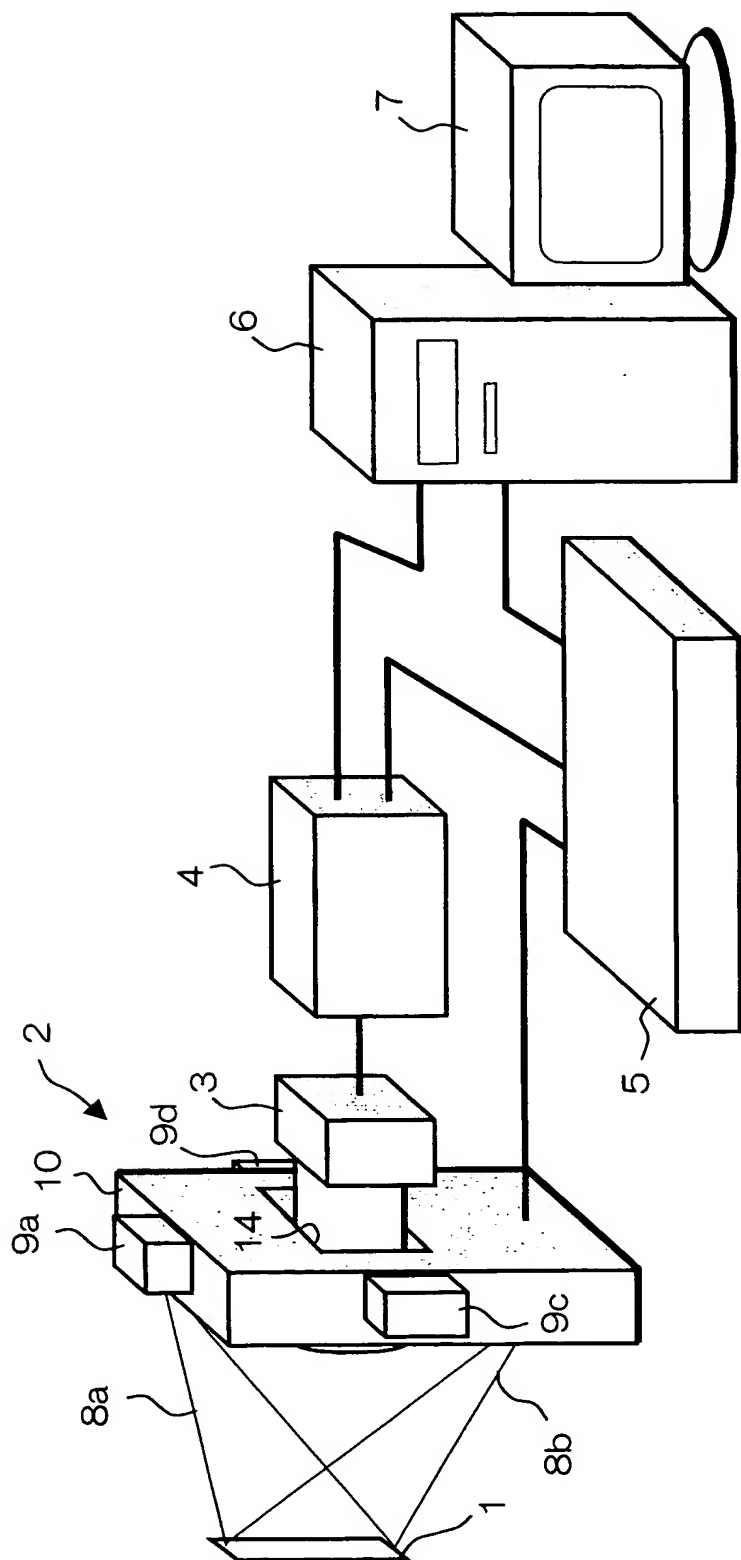
【符号の説明】

- 1, 501…観察物体
- 2, 502…スペックル干渉計装置
- 3, 503…CCDカメラ (高速度カメラ)
- 4…カメラ電源・メモリ部
- 5…コントローラ
- 6…解析用コンピュータ
- 7…モニタ
- 8a, 8b…レーザ光束
- 9a～9d…光束出力部
- 10…光学部材載設部
- 11a, 11b…半導体レーザ光源 (LD)
- 12…アダプタ
- 13…撮像レンズ鏡筒
- 14…透孔
- 201a, 201b, 211a, 211b, 401, 601a, 601b,
705a, 705c, 705d, 705e, 705f, 705g…反射ミラー
- 202a, 202b, 212a, 212b, 602a, 602b…凹レンズ
- 101, 103, 104, 105, 203, 204, 205, 206,
214, 215, 216, 301, 303, 304, 305…反射プリズム
- 102, 302, 705b…ビームスプリッタ
- 410, 420…PZT装置
- 701…レーザ光源
- 612…コリメータ

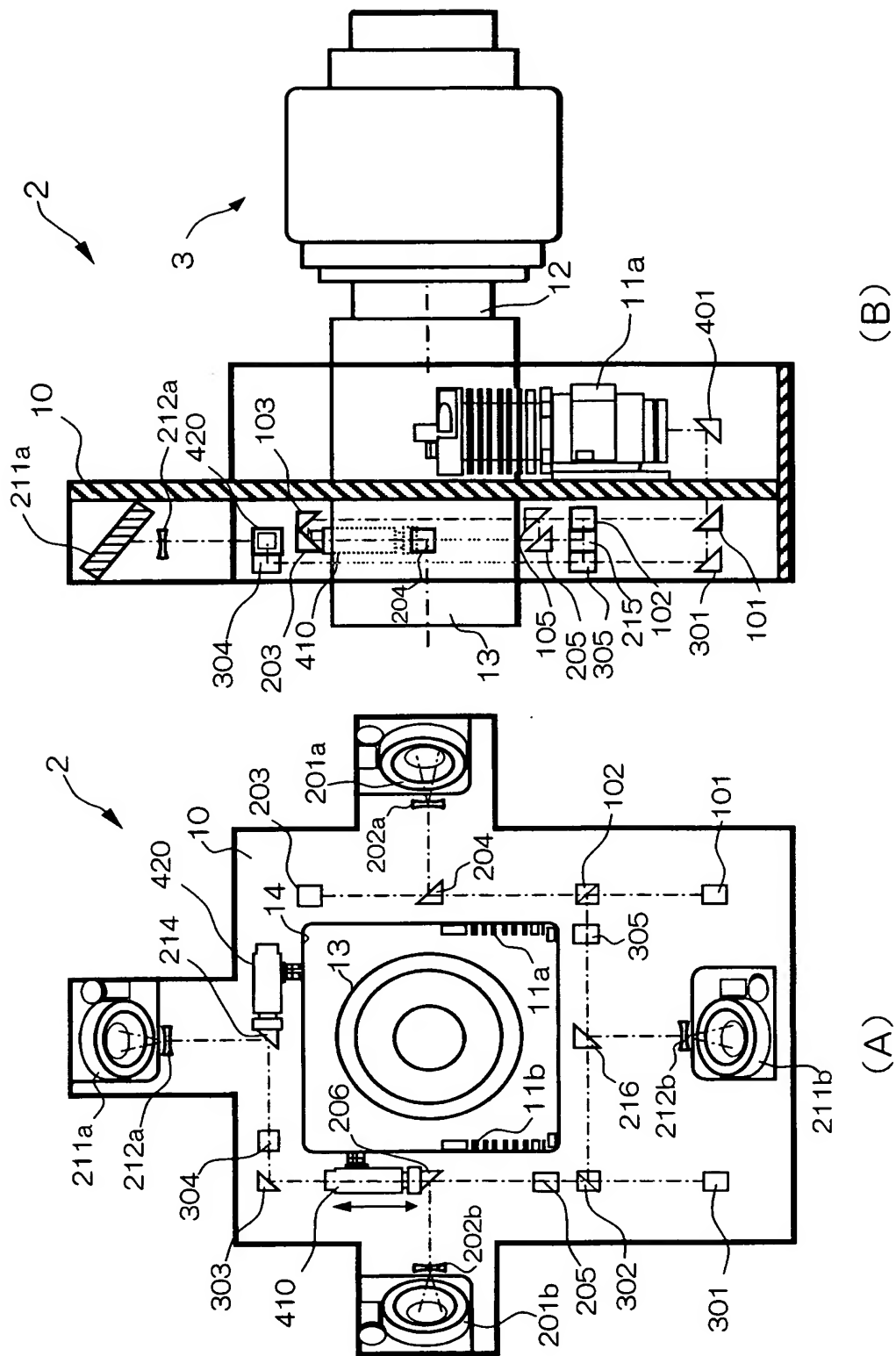
【書類名】

図面

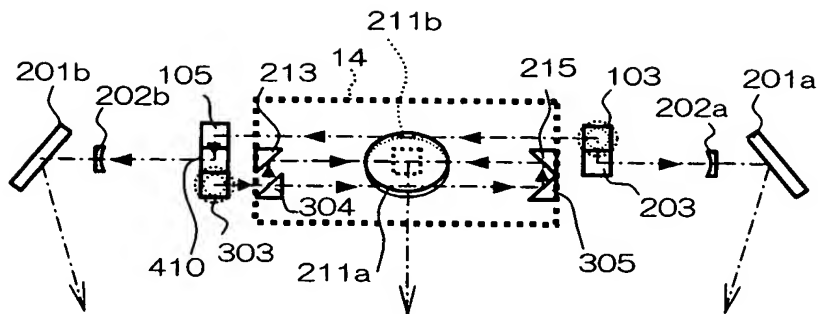
【図 1】



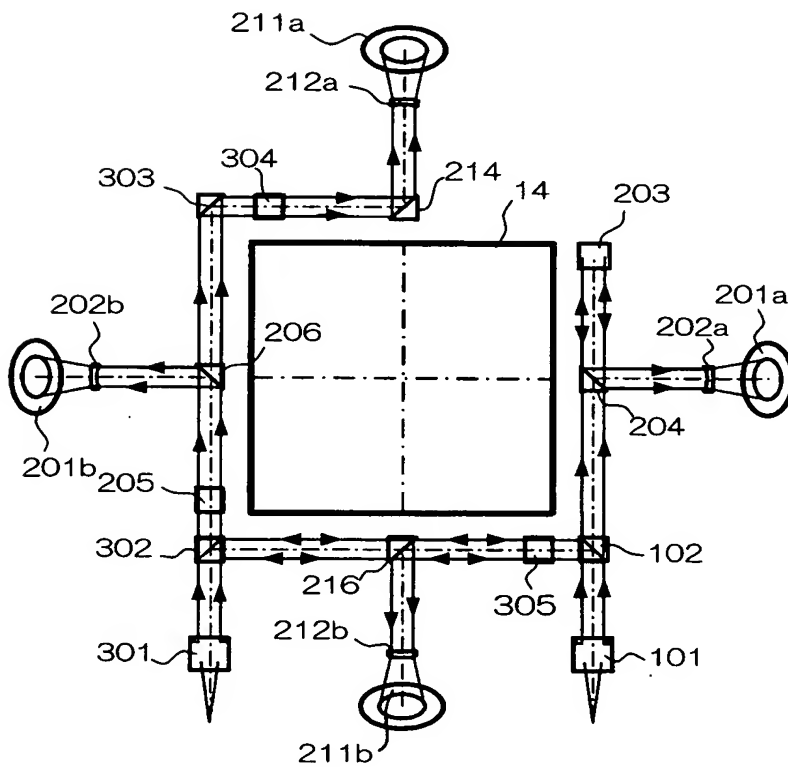
【図 2】



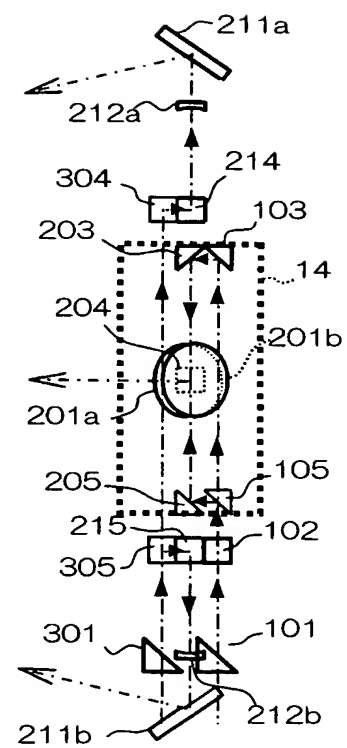
【図 3】



(A)

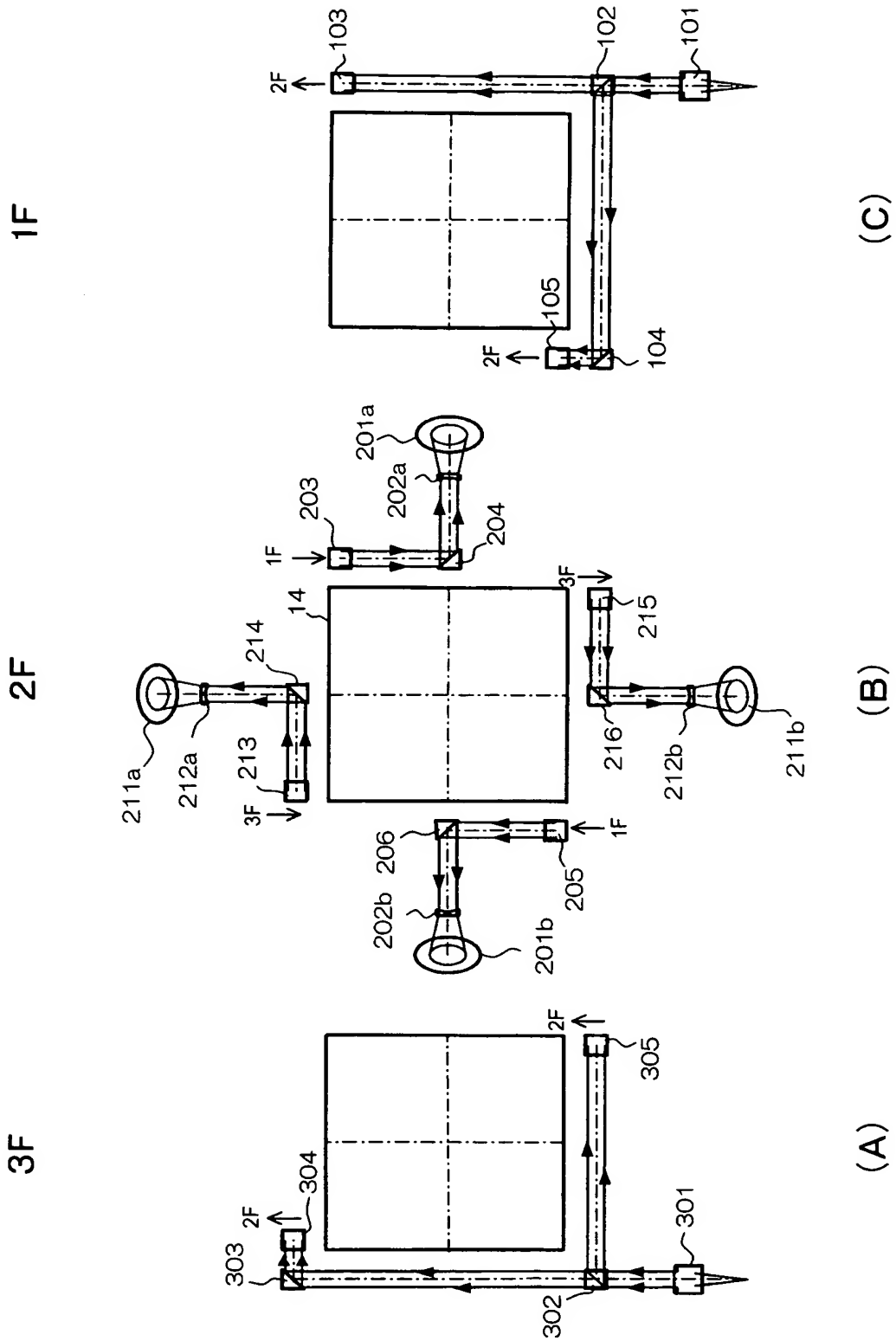


(B)



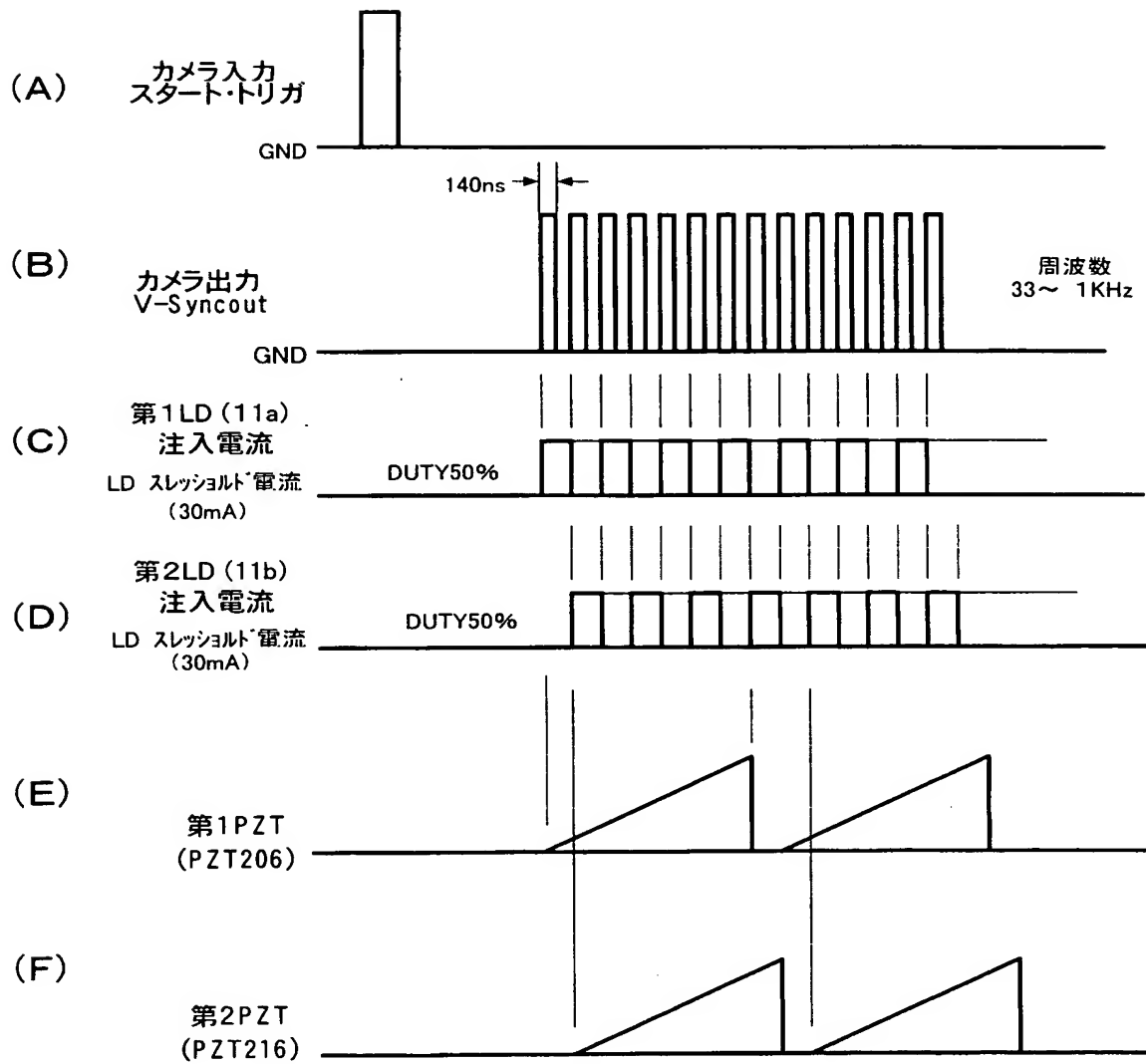
(C)

【図 4】

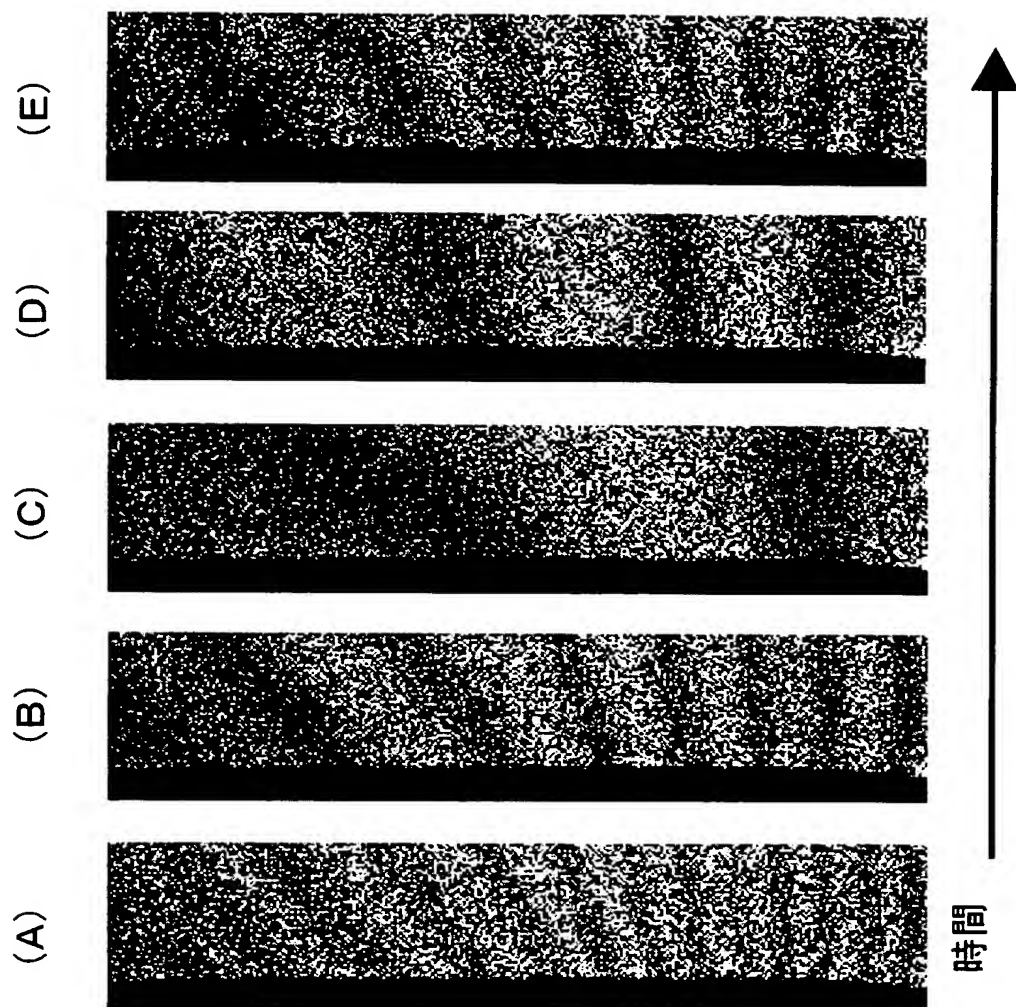


【図 5】

タイミングチャート (段数4段)

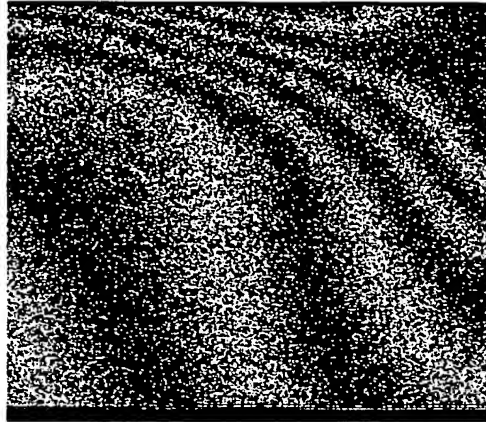


【図 6】

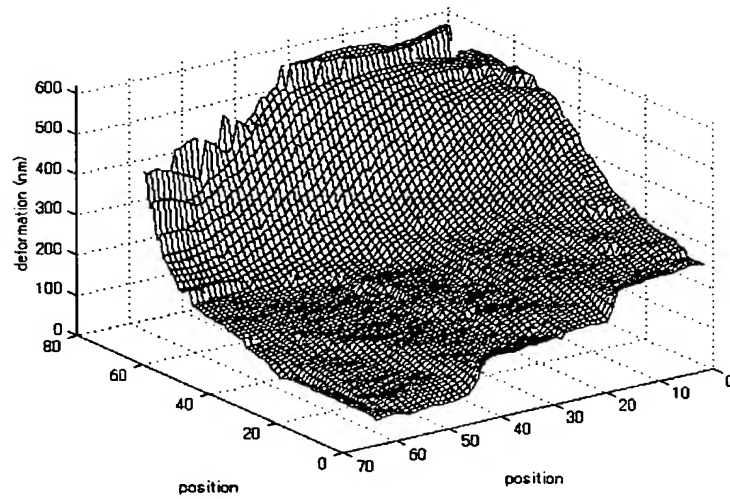


【図 7】

(A)

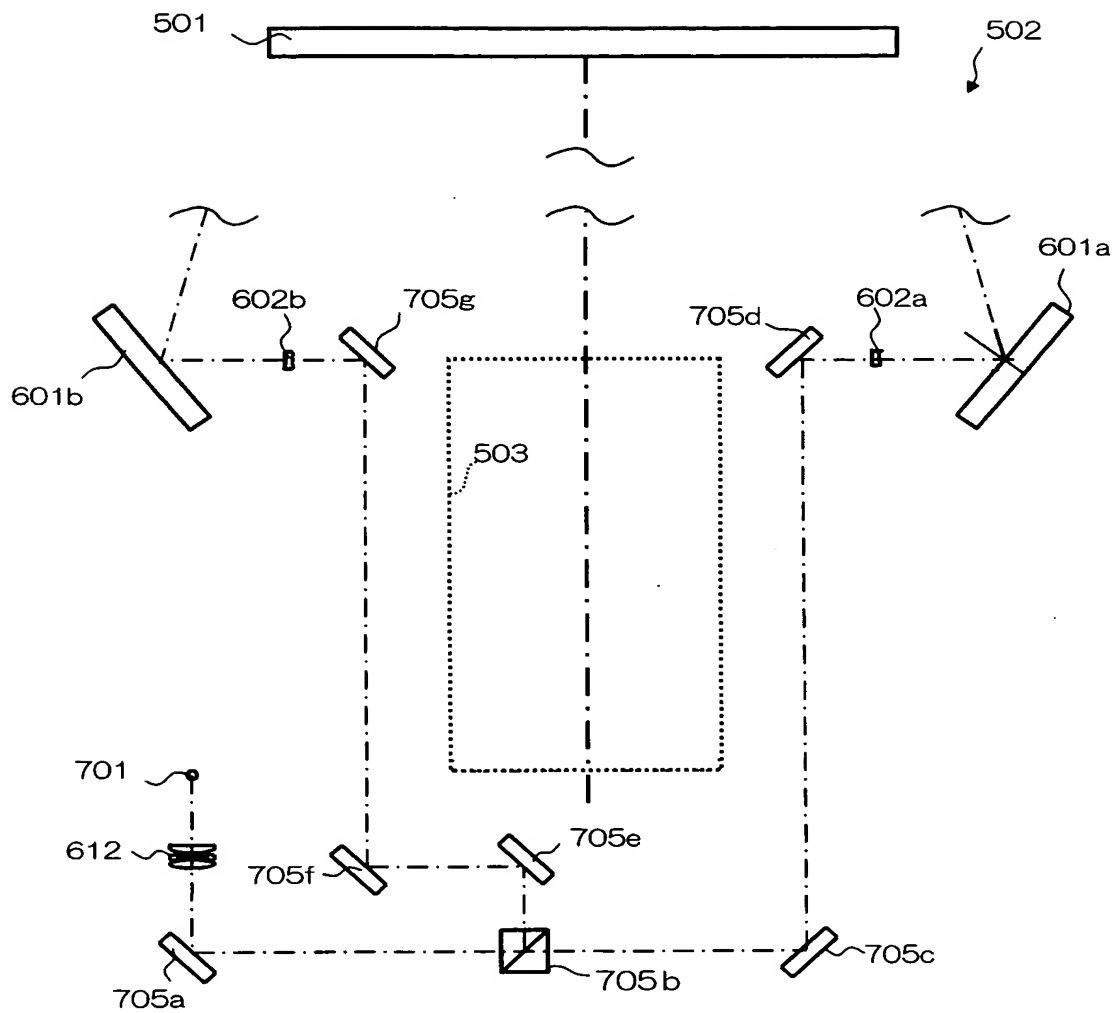


(B)



【図 8】

従来技術



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 1 対の光束出力手段を含む光学部材を配置した光学部材載設手段を撮像手段とは別体に、かつ撮像手段の本体よりも観察物体側に配置するとともに、1 対の光束出力手段の間に位置する領域を光透過領域とすることで、光路の引き回しを最小にし、装置のコンパクト化を図り、撮像カメラの交換を容易とする。

【構成】 2 つの光束を観察物体 1 の表面に向けてそれぞれ出力せしめる光束出力手段等の光学部材が載設配置されるフレーム状光学部材載設板 10 は、干渉スペckルパターンを撮像する CCD カメラ 3 とは別体に、かつこの CCD カメラ 3 の本体の観察物体 1 側に配設されている。光学部材載設板 10 の略中央領域は、観察物体 1 からの干渉光が通過する透孔 14 とされており、CCD カメラ 3 のレンズ鏡筒 13 が挿入されるようになっている。さらに、カメラ電源・メモリ部 4、コントローラ 5、解析用コンピュータ 6 およびモニタ 7 を備えている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 6 3 7 0 9
受付番号	5 0 3 0 0 3 8 6 5 7 0
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 3 月 1 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 3月10日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 6 3 7 0 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 4 3 0]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 5 月 1 日
[変更理由] 住所変更
住 所 埼玉県さいたま市植竹町 1 丁目 3 2 4 番地
氏 名 富士写真光機株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 1 日
[変更理由] 住所変更
住 所 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地
氏 名 富士写真光機株式会社